



(21) Aktenzeichen: P 36 07 014.9  
 (22) Anmeldetag: 4. 3. 86  
 (43) Offenlegungstag: 11. 9. 86

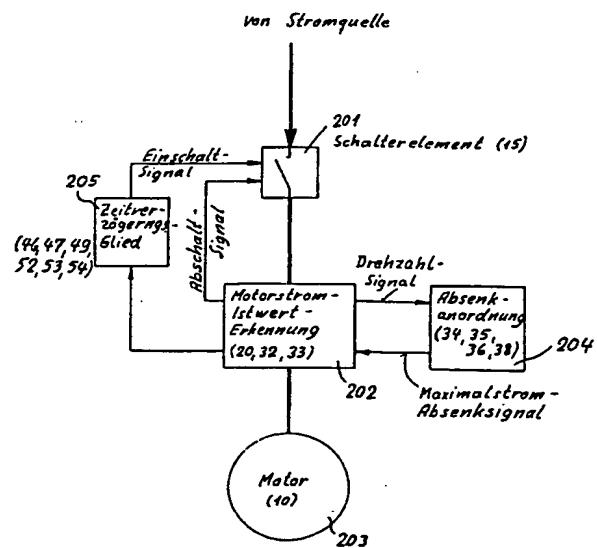
(30) Innere Priorität: (32) (33) (31)  
 05.03.85 DE 35 07 747.6

(72) Erfinder:  
 Müller, Rolf, Dr.-Ing., 7742 St Georgen, DE

(71) Anmelder:  
 Papst-Motoren GmbH & Co KG, 7742 St Georgen, DE

#### (54) Schaltungsanordnung zur Ansteuerung eines Gleichstrommotors

Eine Schaltungsanordnung zur Ansteuerung eines Gleichstrommotors (203) ist mit einer Strombegrenzungsanordnung (201, 202, 205) versehen, die als Taktverstärker ausgebildet ist, also bei einem bestimmten Stromwert anspricht, die Stromzufuhr zum Motor (203) unterbricht, und dann nach einer gewissen Zeit, die z. B. durch interne Zeitglieder (205) bestimmt ist, die Stromzufuhr zum Motor (203) wieder einschaltet. Die Schaltvorgänge bei einem solchen Motor, also Taktverhältnis und Taktfrequenz, sind eine Funktion der im Motor (203) durch dessen Drehung induzierten Gegen-EMK. Dieser Umstand wird dazu ausgenutzt, um bei einem großen Taktverhältnis, also z. B. bei praktisch kontinuierlicher Stromzufuhr zum Motor, den Ansprechwert der Strombegrenzung hoch zu machen, dagegen bei einem niedrigen Taktverhältnis, wie es für Stillstand und Anlauf charakteristisch ist, diesen Ansprechwert zu reduzieren. Man erreicht hierdurch, daß der Motor bei Blockierung eine wesentlich geringere Leistung aufnimmt als bei Nennbetrieb und deshalb auch im blockierten Zustand nicht überhitzt werden kann, und daß beim Anlauf keine zu hohen Anlaufstromwerte auftreten können.



3607014

Patentansprüche

1. Schaltungsanordnung zur Ansteuerung eines Gleichstrommotors, mit einer Strombegrenzungsanordnung (27; 110), welche die Stromzufuhr zum Motor bei Erreichen eines vorgegebenen Maximalstroms unterbricht und nach einer zeitlichen Verzögerung wieder einschaltet,  
dadurch gekennzeichnet, daß eine von der Motordrehzahl abhängige Absenkanordnung (Fig. 1: 34, 35, 36, 38) vorgesehen ist, welche bei niedrigen Drehzahlen, und bei Stillstand des Motors, den Wert dieses Maximalstroms gegenüber den Werten bei höheren Drehzahlen absenkt.
2. Schaltungsanordnung nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet, daß das in der Strombegrenzungsanordnung (27, 110) bewirkte Taktverhältnis der Motorbestromung (Einschaltzeit zu Ausschaltzeit) durch die im Motor induzierte Gegen-EMK beeinflußt ist und daß die Absenkanordnung (Fig. 1: 34, 35, 36, 38) ein Umsetzglied aufweist, welches eine Änderung des Maximalstroms entsprechend der im Taktverhältnis enthaltenen Information über die Höhe der induzierten Gegen-EMK bewirkt.
3. Schaltungsanordnung nach Anspruch 2,  
dadurch gekennzeichnet, daß in der Strombegrenzungsanordnung (27, 110) ein durch sein Teilverhältnis den Maximalstrom der Strombegrenzung bestimmender Spannungsteiler (32, 33) vorgesehen ist und daß das Umsetzglied ein Schaltglied (36) aufweist, welches das Spannungsteiler-Verhältnis beeinflußt.
4. Schaltungsanordnung nach Anspruch 3,  
dadurch gekennzeichnet, daß das Schaltglied (36) bei seiner Aktivierung zu einem Widerstand (33) des Spannungsteilers (32, 33) einen anderen Widerstand (35) parallel schaltet und dadurch das Spannungsteiler-Verhältnis verändert.

5. Schaltungsanordnung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß ein Glättungsglied, insbesondere ein Kondensator (34), vorgesehen ist, um die durch das Parallelschalten entstehenden sprunghaften Änderungen der Spannung an dieser Parallelschaltung (33, 35) zu glätten.
6. Schaltungsanordnung nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß sie zur Ansteuerung eines kollektorlosen Gleichstrommotors (60) ausgebildet ist, dessen Kommutierung von mindestens einem Rotorstellungssensor (82) aus gesteuert ist.
7. Schaltungsanordnung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Strombegrenzungsanordnung (110) dazu ausgebildet ist, die von dem mindestens einen Rotorstellungssensor (82) ausgehenden Signale (116', 117') bei Ansprechen der Strombegrenzungsanordnung (110) zu deaktivieren, um die Energiezufuhr zum Motor (60) zu unterbrechen.
8. Schaltungsanordnung nach mindestens einem der ~~dem~~ Ansprüche 1 - 5, dadurch gekennzeichnet, daß sie zur Ansteuerung eines Kollektormotors (10) ausgebildet ist.
9. Schaltungsanordnung nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Strombegrenzungsanordnung (27; 110) einen Taktverstärker (30, 46, 47, 49) aufweist.
10. Schaltungsanordnung nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Strombegrenzungsanordnung (27; 110) einen Operationsverstärker (30) aufweist, dem zwischen seinen beiden Eingängen ein Signal zuführbar ist, welches die Differenz eines vom Motorstrom abhängigen Signals (am Widerstand 20) und eines für den vorgegebenen Maximalwert des Stromes charakteristischen Signals (am Widerstand 33) darstellt.

11. Schaltungsanordnung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen dem Ausgang (37) des Operationsverstärkers (30) und seinem Eingang eine kapazitive Rückführung (47, 49) vorgesehen ist.
12. Schaltungsanordnung nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß der kapazitiven Rückführung (47, 49) eine erste Diode (53) zugeordnet ist, welche den Umladevorgang dieser Rückführung im Sinne einer Verkürzung der Umladezeitkonstante beeinflußt.
13. Schaltungsanordnung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß die erste Diode (53) so geschaltet ist, daß sie einen Impuls nach Masse ableitet.
14. Schaltungsanordnung nach Anspruch 12 oder 13, dadurch gekennzeichnet, daß die kapazitive Rückführung (47, 49) einen ersten Kondensator (47) aufweist, mit dem ein zweiter, vorzugsweise kleinerer Kondensator (49) in Reihe geschaltet ist, wobei die erste Diode (53) am Verbindungspunkt (48) der beiden Kondensatoren (47, 49) angeschlossen ist.
15. Schaltungsanordnung nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß zum zweiten Kondensator (49) eine zweite Diode (52) parallelgeschaltet ist.
16. Schaltungsanordnung nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, mit einer Halbleiter-Brückenschaltung (90) zur Stromversorgung einer Motorwicklung (75), dadurch gekennzeichnet, daß die Strombegrenzungsanordnung (110) beim Ansprechen nur zwei (93, 94) von vier Halbleitergliedern (91 - 94) der Vollbrücke (90) sperrt.

3607014 - 4 -

DF-334i  
03.03.1986  
011-Mz/me

17. Verwendung einer Schaltungsanordnung nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche zur Ansteuerung eines Gleichstrommotors in einem Lüfter, insbesondere einem sogenannten Gerätelüfter mit geringer Bautiefe.

Schaltungsanordnung zur Ansteuerung eines Gleichstrommotors

Die Erfindung betrifft eine Schaltungsanordnung zur Ansteuerung eines Gleichstrommotors nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1. Eine derartige Schaltungsanordnung ist aus der DE-OS 3 044 027 bekannt.

Bei der bekannten Schaltungsanordnung ist eine Strombegrenzungsanordnung vorgesehen, die den Maximalstrom des Motors über dessen ganzem Drehzahlspektrum weitgehend konstant hält. Wird ein solcher Motor durch äußere Eingriffe blockiert, so zieht er einen relativ hohen Strom und kann deshalb überhitzt werden.

Deshalb ist es eine Aufgabe der Erfindung, bei einem solchen Motor den Strom insbesondere bei blockiertem Motor zu reduzieren.

Nach der Erfindung wird diese Aufgabe durch die im Anspruch 1 angegebenen Maßnahmen gelöst.

Die Vorteile der Erfindung bestehen insbesondere darin, daß eine übermäßige Erwärmung des Motors oder anderer Bauteile sicher vermieden wird, auch wenn der Motor blockiert ist oder mit einer geringeren als der Nenndrehzahl, z. B. während der Hochlaufphase, läuft. Dieser Vorteil wird mit äußerst geringem Schaltungsaufwand erreicht, so daß weder nennenswerte Mehrkosten entstehen noch das bauliche Volumen sonderlich vergrößert wird.

Weitere Einzelheiten und vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus den im folgenden beschriebenen und in der Zeichnung dargestellten, in keiner Weise als Einschränkung der Erfindung zu verstehenden Ausführungsbeispielen, sowie aus den Unteransprüchen. Es zeigen:

B Fig. 1 eine Prinzipdarstellung eines ersten Ausführungsbeispiels,

Fig. 2 eine Prinzipdarstellung eines zweiten Ausführungsbeispiels,

Fig. 3 ein erstes detailliertes Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung,

Fig. 4 eine schematische Darstellung eines kollektorlosen Außenläufermotors bekannter Bauart,

Fig. 5 Schaubilder zur Erläuterung der Wirkungsweise von Fig. 6 und

Fig. 6 ein zweites detailliertes Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung.

Figur 1 zeigt eine Prinzipdarstellung einer erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung zur Ansteuerung eines Gleichstrommotors. Die in Klammern angegebenen Bezugsziffern sind der Figur 3 entnommen und sollen lediglich dazu dienen, einen Vergleich der Prinzipdarstellung mit einem detaillierten Ausführungsbeispiel zu erleichtern.

Der von einer nicht dargestellten Stromquelle zugeführte Motorstrom gelangt über ein Schaltelement (201) an eine Schaltung (202) zur Motorstrom-Istwert-Erkennung und von dort an den Gleichstrommotor (203). In der Schaltung (202) zur Motorstrom-Istwert-Erkennung wird überwacht, ob der durch die Gegen-EMK beeinflußte Motorstrom einen vorgegebenen Maximalwert überschreitet (wobei wie zu den Figuren 3 bis 6 näher beschrieben, die Gegen-EMK von der Motordrehzahl abhängig ist). Wird der vorgegebene Maximalstrom, insbesondere bei blockiertem Motor oder während der Hochlaufphase, überschritten, so gibt die Schaltung (202) ein Abschaltesignal an das Schaltelement (201), woraufhin der

Motorstrom unterbrochen wird. Gleichzeitig wird ein Signal an eine Absenkanordnung (204) abgegeben, die, z. B. unter Verwendung kapazitiver Bauelemente, derart ausgestaltet ist, daß sie mit relativ langer Zeitkonstanter - gemessen an der Pulsbreitendauer der Motorbestromung - aus mehreren solcher Signale das Ein/Aus-Verhältnis der Motorbestromung mittelt. Weiterhin wird ein Zeitverzögerungsglied (205) aktiviert, das nach Ablauf der Zeitverzögerung ein Einschaltsignal an das Schaltelement (201) abgibt, so daß der Motor (203) wieder mit der Stromquelle verbunden ist. Dieser Ablauf wiederholt sich entsprechend der Zeitkonstante der Absenkanordnung (204) über mehrere Ein/Aus Perioden der Motorbestromung und führt schließlich zur Abgabe eines Maximalstrom-Absenksignals an die Motorstrom-Istwert-Erkennungsschaltung (202), in der daraufhin der obere, überwachte Grenzwert des Motorstroms erniedrigt wird.

Auf diese Weise erfolgt mit einfachen Mitteln eine Reduzierung des Motorstroms in Abhängigkeit von der Motordrehzahl, und zwar immer dann, wenn der Motor nicht mit seiner Nenndrehzahl läuft oder gar blockiert ist.

In Figur 2 ist das Prinzipbild einer Variante der Figur 1 gezeigt, gemäß der auf das Zeitverzögerungsglied der Figur 1 verzichtet werden kann. Auch hier wird der Motorstrom über ein Schaltelement (206) und eine Motorstrom-Istwert-Erkennungsschaltung (207) dem Motor (208) zugeführt. Abweichend zu Figur 1 ist hier jedoch die Motorstrom-Istwert-Erkennungsschaltung (207) befähigt, sowohl einen vorgegebenen Maximalstrom als auch einen ebenfalls vorgegebenen Minimalstrom zu erkennen. Auch hier wird, wenn der Motorstrom den vorgegebenen Maximalwert übersteigt, ein Abschaltsignal an das Schaltelement (206) gegeben, woraufhin die Stromzufuhr unterbrochen wird. Nunmehr ermittelt die Motorstrom-Istwert-Erkennungsschaltung (207) aus dem im Motor (208) abklingenden Strom, wann der vorgegebene untere Grenzwert unterschritten wird. Sobald Unterschreitung des unteren Grenzwertes festgestellt wird, gibt die Motorstrom-Istwert-Erkennungsschalt-

tung (207) ein Einschaltsignal an das Schaltelement (206), woraufhin der Motor (208) wieder mit der Stromquelle verbunden wird. Auch hier wird also der Motorstrom nach einer Zeitverzögerung nach dem Abschalten wieder eingeschaltet.

Die Absenkanordnung (209) wirkt auch hier in der zu Figur 1 beschriebenen Weise.

Fig. 3 zeigt einen Gleichstrommotor 10, der als üblicher Kollektor-Kleinmotor ausgebildet sein kann und zu dem eine Freilaufdiode 11 parallelgeschaltet ist. Der eine Anschluß des Motors 10 ist mit einer Plusleitung 12 verbunden, die über eine als Falschpolsicherung dienende Diode 13 an eine Anschlußklemme 14 geführt ist. Der andere Anschluß des Motors 10 ist mit dem Kollektor eines npn-Darlingtontransistors 15 verbunden, dessen Emitter mit einer Minusleitung 16 verbunden ist, die über einen niederohmigen Meßwiderstand 20 und einen daran anschließenden Leitungsabschnitt 21 zu einer Anschlußklemme 17 der Motoranordnung führt. Die Klemmen 14 und 17 können z.B. an eine Batterie von 12 oder 24 V angeschlossen sein.

Zwischen den Leitungen 12 und 21 liegt ein Glättungskondensator 18. Ferner führt von der Leitung 12 ein Widerstand 19 zu einem Knotenpunkt 22, und von letzterem führt eine Zenerdiode 23 zur Leitung 21. Der Knotenpunkt 22 ist mit der Basis eines npn-Transistors 24 verbunden, dessen Kollektor über einen Widerstand 25 mit der Leitung 12 verbunden ist und dessen Emitter zu einer Leitung 26 führt, an der im Betrieb eine relativ zur Leitung 21 konstante Spannung, z.B. von plus 5 V, liegt. Die Elemente 19 - 25 dienen also als Spannungskonstanthalter für die an die Leitung 26 angeschlossenen Bauelemente einer Strombegrenzungsanordnung 27, welche den Spannungsabfall am Meßwiderstand 20 erfaßt und bei einem bestimmten Maximalstrom, entsprechend einem Spannungsabfall am Widerstand 20, den Darlingtontransistor 15 sperrt, so daß der Strom von den Klemmen 14, 17 zum Motor 10 unterbrochen wird und der Strom im Motor 10 über die Freilaufdiode 11 abklingen kann.

Nach einer Zeitverzögerung, die durch Zeitglieder bewirkt wird, aber auch durch den Zeitablauf bis zur Erkennung eines bestimmten Minimalstroms gegeben sein kann, wird dann der Strom zum Motor 10 wieder eingeschaltet, und dieses Spiel wiederholt sich, wenn der vorgegebene Wert des Maximalstroms erneut überschritten wird. Die Erfindung befaßt sich mit dem Problem, diesen vorgegebenen Wert des Maximalstromes drehzahlabhängig so zu steuern, daß er bei der Drehzahl Null und bei niedrigen Drehzahlen kleiner ist als bei der Nenndrehzahl des Motors 10.

Die Strombegrenzungsanordnung 27 weist einen Operationsverstärker 30 auf, der als Komparator dient und von den Leitungen 26 und 21 mit Strom versorgt wird. Sein invertierender Eingang, der mit einem Minuszeichen gekennzeichnet ist, ist mit einem Knotenpunkt 31 verbunden, von dem ein Widerstand 32 zur Leitung 26 und ein Widerstand 33 zur Leitung 21 führt. Die Widerstände 32 und 33 bilden also einen Spannungsteiler. Parallel zum Widerstand 33 liegt ein Kondensator 34 von einigen Mikrofarad. Ferner führt vom Knotenpunkt 31 ein Widerstand 35 zum Kollektor eines npn-Transistors 36, dessen Emitter mit der Leitung 21 und dessen Basis über einen Widerstand 38 mit dem Ausgang 37 des Komparators 30 verbunden ist. Letzterer ist intern so aufgebaut, daß sein Ausgang 37 intern mit der Leitung 21 verbunden ist, solange sein nicht invertierender Eingang + ein negativeres Potential hat als sein invertierender Eingang -. Im umgekehrten Fall hingegen ist der Ausgang 37 nicht mehr mit der Leitung 21 verbunden (sogenannte Schaltung mit offenem Kollektor). Dieser Ausgang 37 ist über einen Widerstand 39 mit der Leitung 26 und über einen Widerstand 42 mit der Basis eines npn-Transistors 43 verbunden, dessen Kollektor über einen Widerstand 44 mit der Leitung 12 und dessen Emitter mit der Leitung 16 verbunden ist. Ist also der Ausgang 37 des Komparators 30 mit der Leitung 21 verbunden, so sperren die Transistoren 36 und 43, und der Transistor 15 erhält einen Basisstrom über den Widerstand 44,

so daß dem Motor 10 über den Transistor 15 Strom zugeführt wird. Ist umgekehrt der Ausgang 37 des Komparators 30 nicht mit der Leitung 21 verbunden, so erhalten die Transistoren 36 und 43 über den Widerstand 39 einen Basisstrom und leiten. Dann ist der Transistor 15 gesperrt, und der Transistor 36 bewirkt, daß der Widerstand 35 zum Widerstand 33 parallelgeschaltet wird. Da die Widerstände 35 und 33 bevorzugt so ausgelegt sind, daß der Widerstand 35 nur geringfügig kleiner ist als der Widerstand 33, wirkt dies in der Praxis wie eine Halbierung des Wertes des Widerstands 33 bzw. der an diesem liegenden Spannung, welche den Höchstwert des Stromes durch den Meßwiderstand 20 festlegt.

Da der Komparator 30 im Betrieb ständig seinen Schaltzustand ändert, und zwar abhängig von der Drehzahl des Motors 10 und damit von dessen Gegen-EMK, wird der Transistor 36 im Betrieb laufend leitend und gesperrt, so daß die Spannung zwischen dem Knotenpunkt 31 und der Leitung 21 an sich im Rhythmus dieser Änderungen ständig schwanken würde. Dies wird vermieden durch den Kondensator 34, der diese Spannung glättet, so daß die Gleichspannung am Kondensator 34 bei normaler Betriebsdrehzahl hoch ist, da dann der Transistor 36 ständig sperrt, bei blockiertem Motor 10 dagegen niedrig ist, da dann der Transistor 36 einen großen Teil der Zeit leitend ist. Beim Hochlaufen des Motors 10 nimmt diese Spannung am Kondensator 34, ausgehend vom Niedrigwert bei Stillstand, bis zum Höchstwert bei der Betriebsdrehzahl etwa kontinuierlich zu. Auf diese Weise ist der Wert des Maximalstroms, der durch die Strombegrenzungsanordnung 27 begrenzt wird, eine Funktion der Drehzahl des Motors 10.

Die Anordnung von Transistor 36, Widerständen 33 und 35, sowie dem Kondensator 34, wirkt also ähnlich wie ein Digital-Analog-Umsetzer zur Steuerung dieses Wertes abhängig vom Taktverhältnis der Stromimpulse und damit - indirekt - von der Drehzahl des Motors 10.

Der Komparator 30 ist als sogenannter Taktverstärker geschaltet und hat hierzu eine positive Rückkopplung, welche eine Kapazität enthält, so daß der Komparator 30, wenn er auf einen zu hohen Motorstrom angesprochen hat, erst nach einer bestimmten Zeit wieder in den vorherigen Zustand zurückschalten kann. Der Ausgang 37 ist hierzu über die Serienschaltung eines Widerstands 46 und eines ersten Kondensators 47 mit einem Knotenpunkt 48 verbunden, der über einen zweiten Kondensator 49 mit dem nicht invertierenden Eingang des Komparators 30 verbunden ist. Ferner sind zwei Dioden 52, 53 vorgesehen. Die Anode der Diode 53 ist mit der Leitung 21 verbunden, ihre Kathode mit dem Knotenpunkt 48. Die Kathode der Diode 52 ist direkt mit dem nicht invertierenden Eingang des Komparators 30 und - über einen Widerstand 54 - mit der Leitung 16 verbunden, während ihre Anode mit dem Knotenpunkt 48 verbunden ist.

Die Zeitkonstante des Taktverstärkers wird im wesentlichen bestimmt durch die Widerstände 46 und 54 und durch den Kondensator 47. (Der Widerstand 46 dient hauptsächlich zur Verhinderung von HF-Schwingungen des Komparators 30). Diese Schaltelemente bestimmen im wesentlichen die Umladezeit des Kondensators 47. Da bei blockiertem Motor und bei niedrigen Drehzahlen der Taktverstärker mit einer hohen Frequenz schaltet, steht an sich nicht genügend Zeit zur Verfügung, um den Kondensator 47 umzuladen. Hierdurch würde mit fallender Drehzahl der Motorstrom ansteigen, z.B. um 30 %, was aus den erläuterten Gründen unerwünscht ist, zumal hierdurch auch der Leistungstransistor 15 gefährdet werden könnte, besonders bei blockiertem Motor 10. Durch die Diode 53 erreicht man nun, daß beim Laden des Kondensators 47 keine Verzögerung mehr auftritt, da die Diode 53 dann den Widerstand 54 überbrückt. Dagegen sperrt die Diode 53 beim Entladen des Kondensators 47, aber die Diode 52 wird leitend, so daß die Entladung über den Widerstand 54 erfolgt und das erforderliche Zeitverhalten ergibt.

Um ferner das Verhalten der positiven Rückkopplung in der gewünschten Weise zu beeinflussen, ist der zweite Kondensator 49 vorgesehen, welcher z.B. ein Drittel der Kapazität des Kondensators 47 hat und zur Diode 52 parallelgeschaltet ist. Dieser Kondensator 49 bewirkt ein rasches Umschalten des Taktverstärkers. Würde er gleich groß gemacht werden wie der Kondensator 47, so würde sich wieder das unerwünschte Verhalten bei niedrigen Drehzahlen ergeben, da ja Lade- und Entladevorgang des zweiten Kondensators 49 nicht unsymmetrisch gemacht worden sind. Durch die Dioden 52 und 53 verhindert man also, daß der Motorstrom - ohne den Transistor 36 und den Widerstand 35 - mit fallender Drehzahl auf höhere Werte begrenzt wird.

Nachfolgend werden einige typische Werte für die Bauteile der Anordnung nach Fig. 3 angegeben, wobei  $k = \text{kOhm}$  und  $n = \text{nF}$  bedeuten:

Diode 13...	Typ 4001
Kondensator 18...	100 $\mu\text{F}$
Widerstand 20...	0,1 Ohm
Widerstand 32...	100 k
Widerstand 33...	13 k
Widerstände 35, 38, 42, 46	10 k
Widerstände 39, 44...	1,5 k
Widerstand 46...	1 k
Verstärker 30...	LM 393
Kondensator 47...	15 n
Kondensator 49...	4,7 n
Widerstand 54...	3,3 k
Kondensator 34...	3 $\mu\text{F}$

Arbeitsweise: des stillstehenden Motors

Beim Einschalten/ist die Gegen-EMK des Motors 10 gleich Null, da sich dieser noch nicht dreht. Der Motorstrom steigt deshalb rasch an, so daß die Strombegrenzungsanordnung 27 nach kurzer Einschaltzeit anspricht und den Strom mit hoher Taktfrequenz und

niedrigem Taktverhältnis unterbricht. Der Transistor 36 wird deshalb mit dieser hohen Taktfrequenz nur kurzzeitig gesperrt, z. B. 10 ms, und dann relativ lange Zeit leitend, z. B. 50 ms, und reduziert dadurch die Spannung am Kondensator 34 auf etwa die Hälfte des Wertes bei ständig geöffnetem Transistor 36. Dadurch wird der Strom durch den Meßwiderstand 20 auf etwa die Hälfte des Wertes bei Nenndrehzahl begrenzt, und da dieser reduzierte Strom - durch das ständige Ein- und Ausschalten des Taktverstärkers 30 - dem Motor von außen her nur jeweils während kurzer Zeitintervalle zugeführt wird, wird die Leistungszufuhr zum Motor 10 auf etwa ein Viertel der Leistung bei Nenndrehzahl begrenzt, so daß im blockierten Zustand keine Überhitzung auftreten kann.

Läuft der Motor 10 hoch, so induziert er eine zu seiner Drehzahl etwa proportionale Gegen-EMK, so daß der Strom in ihm weniger rasch ansteigt und die Einschaltperioden des Taktverstärkers 30 länger werden, d. h. das sogenannte Tast- oder Taktverhältnis (mark to space ratio) nimmt zu, und der Transistor 36 ist jeweils längere Zeit nicht leitend und nur während kurzer Zeitperioden leitend. Dementsprechend steigt die Spannung am Kondensator 34 an, und der Strom durch den Widerstand 20 wird auf einen höheren Wert begrenzt. Dies ist erforderlich, um z. B. bei einer drehzahlabhängigen Last wie einem Lüfter ein ausreichendes Hochlaufmoment zu erzeugen.

Bei Nenndrehzahl ist die Gegen-EMK des Motors 10 so hoch, daß dessen Strom unter dem zulässigen Maximalstrom liegt und deshalb die Strombegrenzungsanordnung 27 nicht mehr anspricht, d.h. die beiden Transistoren 36 und 43 sind dann ständig nicht leitend, und der Transistor 15 ist ständig leitend. Die Spannung am Kondensator 34 hat dann ihren Maximalwert, und der Strom wird auf einen Wert begrenzt, der z.B. doppelt so hoch ist wie bei der Drehzahl Null oder bei niedrigen Drehzahlen. Auf diese Weise wird der Ansprechwert der Strombe-

grenzung drehzahlabhängig geführt, und zwar mit einem minimalen Mehraufwand. - Die Funktionsweise der Dioden 52 und 53 wurde bereits beschrieben. Sie dienen demselben Zweck und unterstützen die Wirkung der Bauelemente 34 bis 36.

Selbstverständlich könnte die Änderung des Ansprechwerts für die Strombegrenzung auch auf andere Weise erreicht werden. z.B. könnte für den Widerstand 33 ein Potentiometer verwendet und dieses durch ein elektrisches Stellglied verstellt werden, dessen Ausschlag eine Funktion der Taktfrequenz des Verstärkers 30 ist. Oder aber könnte man parallel zum Widerstand 32 die Serienschaltung eines Widerstands und eines Transistors legen, wobei dieser Transistor dann leitend wäre, wenn auch der Transistor 15 leitend ist. Man müßte auch in diesem Fall den Glättungskondensator 34 verwenden, der entweder zwischen den Knotenpunkt 31 und der Leitung 21 oder dem Punkt 31 und der Leitung 26 geschaltet werden kann. Alternativ könnte auch der Wert des Meßwiderstands 20 abhängig vom Taktverhältnis verändert werden, was aber mehr Bauelemente voraussetzt. Im Rahmen der vorliegenden Erfindung gibt es also zahlreiche Varianten, und die dargestellte Ausführungsform ist zwar die derzeit bekannte beste Ausführungsform, aber sicher nicht die einzige.

Die Fig. 4 - 6 zeigen die Anwendung der vorliegenden Erfindung bei einem kollektorlosen Gleichstrommotor. Gleiche oder gleichwirkende Teile wie in Fig. 3 werden auch in den Figuren 4 - 6 mit denselben Bezugszeichen bezeichnet wie dort und gewöhnlich nicht nochmals beschrieben. Ein typisches Beispiel eines solchen Motors ist in Fig. 4 sehr schematisch dargestellt. Fig. 4 zeigt einen zweipoligen, zweipulsigen, einsträngigen kollektorlosen Gleichstrommotor.

Definitionen:

Zweipulsig: Zahl der dem Stator zugeführten Stromimpulse pro Rotordrehung von  $360^\circ$  el. z.B. sind das bei einem zweipulsigen Motor zwei Stromimpulse pro  $360^\circ$  el.

Einsträngig: Der Motor hat nur eine einzige Wicklung. Ein solcher Motor könnte auch als einphasig bezeichnet werden.

Zweipolig: Der Rotor hat zwei Pole.

Naturgemäß ist die vorliegende Erfindung in gleicher Weise bei Motoren mit anderer Pulsigkeit, anderer Strang- und anderer Polzahl verwendbar, ohne daß dies jeweils an Beispielen dargestellt wird.

Der in Fig. 4 dargestellte Motor 60 ist ein zweipoliger, zweipulsiger, einsträngiger Außenläufermotor. Sein Außenrotor 61 ist radial magnetisiert, wobei die beiden Pole durch N und S angedeutet sind.

Diese Magnetisierung ist trapezförmig mit engen Lücken 64 und 65 (ca.  $5 - 15^\circ$  el.) zwischen den Polen. Die trapezförmige Magnetisierung ergibt eine praktisch konstante Induktion über jeweils  $165 \dots 175^\circ$  el., und daran schließend einen monotonen Abfall der Magnetisierung, vergl. das DBP 2 346 380 der Anmelderin, wo das ausführlich erläutert ist.

Der Rotor 61 hat ein Umfangsteil 62, z.B. einen tiefgezogenen Topf aus Stahl, dessen nicht dargestellter Boden mit der - nicht dargestellten - Welle des Rotors verbunden ist. In diesem Topf 62 ist der eigentliche Magnet 63 befestigt. Auf dem Topf 62 sind Lüfterflügel 67 des Lüfters aufgeschweißt, der vom Motor 60 angetrieben wird. Es ist nur ein einziger Flügel 67 dargestellt.

In Fig. 4 sind die Stellen mit praktisch konstanter Induktion (= Magnetflußdichte) für den Nordpol durch Schraffierung und für den Südpol durch Punkte schematisch angedeutet. Die Drehrichtung ist mit 66 bezeichnet. Der Stator 68 hat zwei ausgeprägte Pole: Einen oberen Pol 69, und einen unteren Pol 70, welche zwischen sich Nuten 73 und 74 einschließen, in denen eine einsträngige Wicklung 75 angeordnet ist, deren beide Anschlüsse mit 78 und 79 bezeichnet sind. Ein Rotorstellungs-sensor 82 ist an der Öffnung der Nut 74 angeordnet. Er ist bevorzugt ein galvanomagnetischer Sensor, z.B. ein Hall-IC. Ein Hall-IC gibt bei der Drehung des Rotors 62 etwa rechteckförmige Signale mit einem Taktverhältnis von  $m = 50\%$  ab, d.h. die Impulslänge ist etwa gleich der Pausenlänge.

Der Luftspalt 83 über dem Statorpol 69, und der mit ihm in der Form übereinstimmende Luftspalt 84 über dem Pol 70, sind so ausgebildet, wie das die US - PS 4 030 005 zeigt. Z.B. nimmt, ausgehend von der Nut 73, der Luftspalt 83 in Drehrichtung bis zu einem Maximum 80 zu, und nimmt von da an monoton bis zu einem Minimum  $d_1$  wieder ab. Man erzeugt so das gewünschte Reluktanzmoment, vergl. das bereits genannte DBP 2 346 380. Naturgemäß kann ein erfindungsgemäßer Motor in gleicher Weise auch als Innenläufermotor oder auch als Flachmotor (mit ebenem Luftspalt) aufgebaut werden. Die Luftspaltform bei dem dargestellten zylindrischen Luftspalt hängt von der Form des gewünschten Reluktanzmoments und der Art der Magnetisierung des Rotors 61 ab. Die Pollücken 64 und 65 können mit Vorteil geschrägt sein.

In der Wicklung 75 fließt im Betrieb alternierend ein Gleichstromimpuls vom Anschluß 78 zum Anschluß 79, und dann ein Gleichstromimpuls vom Anschluß 79 zum Anschluß 78. Zwischen zwei aufeinanderfolgenden Impulsen liegt jeweils eine Strompause. Diese kann z.B. entsprechend dem DBP 3 044 056 (D122) erzeugt werden, insbesondere mit den Anordnungen nach Fig. 4 oder 6 dieses DBP, auf das zur Vermeidung von Längen ausdrücklich Bezug genommen wird.

Wie Fig. 6 zeigt, ist die Motorwicklung 75 Teil einer Vollbrückenschaltung 90, welche zwei pnp-Leistungstransistoren 91, 92 und zwei npn-Leistungstransistoren 93, 94 aufweist. Die Emitter der Transistoren 91 und 92 sind an die Plusleitung 12, die Emitter der Transistoren 93 und 94 an die Minusleitung 16 angeschlossen. Die Kollektoren der Transistoren 91 und 93 sind miteinander und mit dem Wicklungsanschluß 78 verbunden. Ebenso sind die Kollektoren der Transistoren 92 und 94 miteinander und mit dem Wicklungsanschluß 79 verbunden. Zwei Freilaufdioden 95 und 96 sind zu den Leistungstransistoren 91 und 92 antiparallel geschaltet und schützen diese vor zu hohen Spannungsspitzen bei den Schaltvorgängen. Die Basen der Transistoren 91 und 92 sind über je einen Kondensator 101, 102 mit der Plusleitung 12 verbunden. Die Transistoren 91 - 94 sind bei niedrigen Betriebsspannungen einfache Transistoren, bei hohen Betriebsspannungen bevorzugt - wie dargestellt - Darlingtontransistoren.

Zum Ansteuern der Brückenschaltung 90 dienen zwei npn-Transistoren 106, 107. Der Kollektor von 106 ist über einen Widerstand 108 mit der Basis von 92 verbunden, der Kollektor von 107 über einen Widerstand 109 mit der Basis von 91. Der Emitter von 106 ist mit der Basis von 93 verbunden, der Emitter von 107 mit der Basis von 94. Wenn also der Transistor 106 eingeschaltet wird, werden die beiden diagonal gegenüberliegenden Leistungstransistoren 92 und 93 leitend, und es fließt ein Strom  $i_1$  in Richtung vom Anschluß 79 zum Anschluß 78 durch die Wicklung 75. Wird umgekehrt der Transistor 107 eingeschaltet, so werden die diagonal gegenüberliegenden Transistoren 91 und 94 eingeschaltet, und es fließt ein Strom  $i_2$  in Richtung vom Anschluß 78 zum Anschluß 79.

Als Stellglieder für eine Strombegrenzungsanordnung 110 sind ferner zwei npn-Transistoren 112 und 113 vorgesehen, die jeweils mit dem Emitter an die Minusleitung 16 angeschlossen sind. Der Kollektor von 112 ist mit der Basis von 93, der Kollektor von 113 mit der Basis von 94 verbunden. Die Basis des Transistors 112 ist über einen Widerstand 114, die Basis des Transistors 113 über einen Widerstand 115 mit dem Ausgang 37 der Strombegrenzungsanordnung 110 verbunden. Wenn letztere also die beiden Transistoren 112 und 113 leitend macht, so werden die Basen der Leistungstransistoren 93 und 94 stromlos, und diese beiden Transistoren sperren, so daß die Wicklung 75 von der Minusleitung 16 getrennt ist und von dort keinen Strom mehr erhalten kann. Dagegen können in diesem Falle die Leistungstransistoren 91 und 92 nach wie vor eingeschaltet werden. Dies ist vorteilhaft, weil der Stromabfall in der Wicklung 75 weniger steil wird und sich an der Wicklung 75 kleinere Spannungsspitzen ergeben. Dadurch läuft der Motor 60 ruhiger und gleichmäßiger, die Leistungstransistoren 91 - 94 werden weniger belastet, und die Eisenverluste des Motors 60 werden kleiner. Außerdem ergeben sich auf den Zuleitungen zum Motor kleinere Stromschwankungen, und dies wird unterstützt durch den Kondensator 18.

Die Steuertransistoren 106 und 107 werden über Steuerleitungen 116, 117 von einem Kommutierungs-Steuerteil 120 des Motors aus angesteuert. Der Steuerteil 120 enthält ein Kommutierungs-Steuergerät 118, auch Auwahlschaltung genannt, und dieses erhält seine Steuerimpulse von dem Hall-IC 82 (Fig. 4), der wie dargestellt ebenso wie das Steuergerät 118 an die geregelte Spannung zwischen den Leitungen 26 und 21 angeschlossen ist. Wie in Fig. 5 schematisch dargestellt ist, wechseln die rechteckförmigen Impulse 116' (Fig. 5A) und 117' (Fig. 5B) auf den Steuerleitungen 116, 117 einander ab und sind durch Impulspausen alpha voneinander

getrennt, so daß immer abwechselnd die Leistungstransistoren 91 und 94 und dann die Leistungstransistoren 92 und 93 leitend gemacht werden, niemals aber alle vier Transistoren 91 - 94 gleichzeitig, da diese sonst durch den entstehenden Kurzschluß sofort zerstört würden.

Die Brückenschaltung 90 enthält noch weitere Bauelemente, und zwar ist zwischen den Basen der Transistoren 106 und 93 ein Widerstand 123 vorgesehen, ebenso ein Widerstand 124 zwischen den Basen der Transistoren 107 und 94. Zwischen den Emittern der Transistoren 106 und 93 liegt ein Kondensator 125, ebenso ein Kondensator 126 zwischen den Emittern der Transistoren 107 und 94. Diese Kondensatoren dienen dazu, unerwünschte Stromspitzen beim Schalten der Transistoren 91, 92 zu vermeiden. Die Kondensatoren 101, 102 erfüllen dieselbe Funktion bei den Transistoren 93 und 94.

Die Strombegrenzungsanordnung 110 ist weitgehend gleich aufgebaut wie die Strombegrenzungsanordnung 27 der Fig. 3, weshalb dieselben Bezugszeichen verwendet werden wie dort. Bei Fig. 6 wird aber ein Doppelkomparator verwendet, der neben dem Operationsverstärker 30 noch einen Operationsverstärker 130 enthält, der ebenfalls so aufgebaut ist, daß sein Ausgang 131 intern mit der Leitung 21 verbunden ist, solange sein nicht invertierender Eingang + ein negativeres Potential hat als sein invertierender Eingang -. Im umgekehrten Fall ist der Ausgang 131 nicht mehr mit der Leitung 21 verbunden (sogenannte Schaltung mit offenem Kollektor). Der Verstärker 130 wird zusammen mit dem Verstärker 30 mit Strom versorgt, weshalb seine Stromversorgung nicht gesondert eingezeichnet ist. Der Widerstand 35 liegt also bei Fig. 6 zwischen dem Ausgang 131 und dem Knotenpunkt 31, und er wird durch den Operationsverstärker 130 parallel zum Widerstand 33 geschaltet, wenn der nicht invertierende Eingang + ein negativeres Potential hat als der invertierende Eingang -, während er im umgekehrten Fall nicht zum Widerstand 33 parallelgeschaltet wird.

Bei Fig. 6 ist der Widerstand 32 der Fig. 1 aufgeteilt in zwei seriengeschaltete Widerstände 32' und 32'', deren Verbindungs- punkt 132 mit dem nicht invertierenden Eingang + des Verstärkers 130 verbunden ist. Dagegen ist der invertierende Eingang - des Verstärkers 130 mit dem Ausgang 37 des Verstärkers 30 verbunden, so daß der Verstärker 130 immer die entgegengesetzten Schaltvorgänge ausführt wie der Verstärker 30, also im Takt desselben schaltet. Wenn z.B. der Motor 60 bei Nenndrehzahl läuft und sein Strom unterhalb der Ansprechschwelle der Strombegrenzungsanordnung 110 liegt, so ist der Ausgang 37 des Verstärkers 30 mit der Leitung 21 verbunden, so daß die Transistoren 112 und 113 sperren und die Brückenschaltung 90 normal von den Impulsen 116', 117' auf den Leitungen 116 bzw. 117 angesteuert werden kann. In diesem Fall ist der Ausgang 131 des Verstärkers 130 nicht mit der Leitung 21 verbunden, so daß der Widerstand 35 nicht zum Widerstand 33 parallelgeschaltet ist und der Ansprechwert der Strombegrenzungsanordnung 110 hoch ist.

Beim Anlauf dagegen schaltet der Verstärker 30 mit hoher Frequenz, so daß er u.U. die Transistoren 112 und 113 mehrere tausend Mal pro Sekunde aus- und einschaltet und dadurch die Stromzufuhr zur Wicklung 75 jeweils unterbricht, um einen Stromanstieg über den Ansprechwert hinaus zu verhindern. Während dieser Stromunterbrechungen wird jeweils durch den Verstärker 130 der Widerstand 35 zum Widerstand 33 parallelgeschaltet, so daß der Ansprechwert der Strombegrenzungs- anordnung 110 entsprechend herabgesetzt wird und ein entsprechend kleinerer Strom in der Wicklung 75 fließt, wodurch die vom Motor 60 aufgenommene Leistung z.B. auf ein Viertel der Leistung bei Nenndrehzahl begrenzt wird, wie bei Fig. 3 be- schrieben.

Die Werte für die Bauteile von Fig. 6 entsprechen den zu Fig. 3 angegebenen. Für die beiden Operationsverstärker 30 und 130 kann z. B. der Doppelkomparator LM 393 verwendet werden, der zwei solche Verstärker enthält, so daß sich insgesamt eine sehr kleine Baugröße der Anordnung ergibt, wie das besonders für Gerätelüfter wichtig ist.

Sollte die Anordnung nach Fig. 6 bei einem zweisträngigen Motor verwendet werden, so würde z.B. die Wicklung 75 entfallen, und dafür würde anstelle des Transistors 91 ein Wicklungsstrang, und anstelle des Transistors 92 ein zweiter Wicklungsstrang treten, wobei die Widerstände 108 und 109 jeweils direkt mit der Leitung 12 verbunden werden müßten. Ebenso kann man natürlich mit der Strombegrenzungsanordnung in der gleichen Weise zwei Vollbrückenschaltungen entsprechend steuern, wobei die den Transistoren 112 und 113 entsprechenden Transistoren der zweiten Vollbrückenschaltung ebenfalls über Widerstände mit dem Ausgang 37 verbunden werden müßten. Solche und andere Modifikationen liegen naturgemäß im Rahmen der vorliegenden Erfindung. Die Erfindung eignet sich besonders für den Antrieb von sogenannten Gerätelüftern, da sie bei deren Blockierung, wie sie in der Praxis öfters zu beobachten ist, eine Überhitzung des Lüftermotors verhindert. Auch eine Kombination mit einem Drehzahlregler ist möglich, z.B. in der in der DE - OS 3 044 027 beschriebenen Weise.

Ein wichtiger Gedanke der vorliegenden Erfindung ist also darin zu sehen, die im Taktverhältnis der verwendeten Strombegrenzungsanordnung enthaltene Information über die jeweilige Motordrehzahl zu verwenden für die Führung des oberen (und ggf. auch des unteren) Ansprechwerts dieser Strombegrenzungsanordnung, um so bei niedrigen Drehzahlen und der Drehzahl Null den Motorstrom auf niedrige Werte begrenzen zu können, ohne doch den Betrieb bei der Nenndrehzahl zu behindern. Dies gelingt durch die Erfindung mit außerordentlich einfachen Mitteln und sehr geringen Mehrkosten, und die Erfindung eignet sich für alle Motorbauarten,

bei denen die Gegen-EMK eine Funktion der Motordrehzahl ist.

Die Erfindung ist nicht begrenzt auf Anordnungen mit Taktverstärkern, bei denen nur die Überschreitung eines oberen Ansprechwertes für den Strom erfaßt wird, sondern eignet sich, wie in Verbindung mit Fig. 2 bereits erläutert, in gleicher Weise auch für sogenannte Zweipunktregler, bei denen der Strom im Motor ständig gemessen wird und bei denen der Strom bei Überschreiten eines oberen Grenzwerts abgeschaltet und bei Unterschreiten eines unteren Grenzwerts - also nach einer zeitlichen Verzögerung - wieder eingeschaltet wird. Auch bei diesen Motoren ist das Taktverhältnis eine Funktion der Gegen-EMK, also der Drehzahl, und die Erfindung kann deshalb in derselben Weise angewendet werden.

Die Taktfrequenz eines Taktverstärkers bei blockiertem Motor kann vom Konstrukteur durch Wahl der Parameter des Taktverstärkers vorgegeben werden und wird gewöhnlich auf einige kHz begrenzt, da der Motor hierbei wie eine Drossel wirkt und bei zu hohen Frequenzen zu hohe Eisenverluste auftreten würden. Typisch für den blockierten Zustand ist ein Verhältnis von Stromimpuls zu Strompause im Bereich von 1 : 4 bis 1 : 6.

von Stromquelle

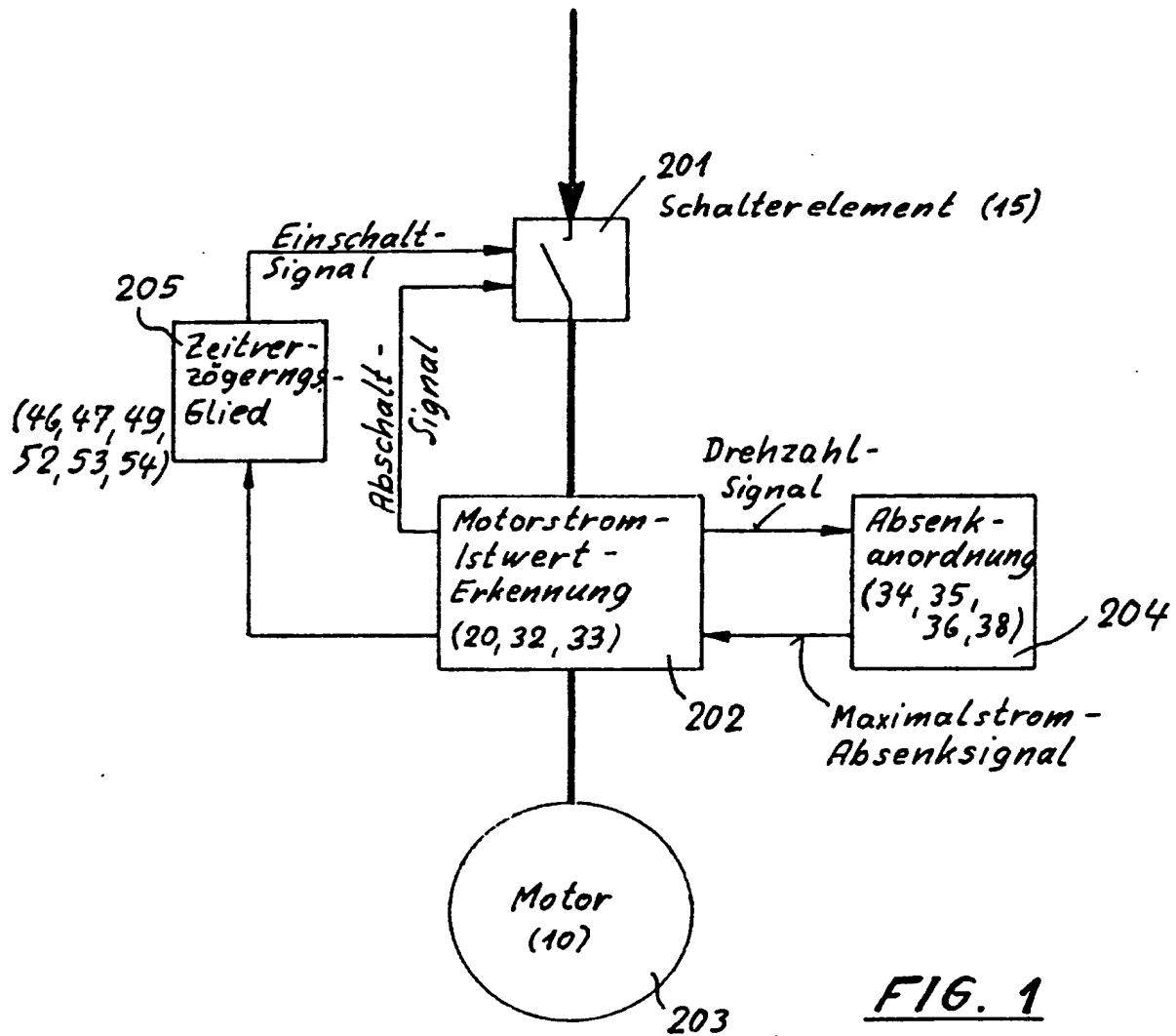
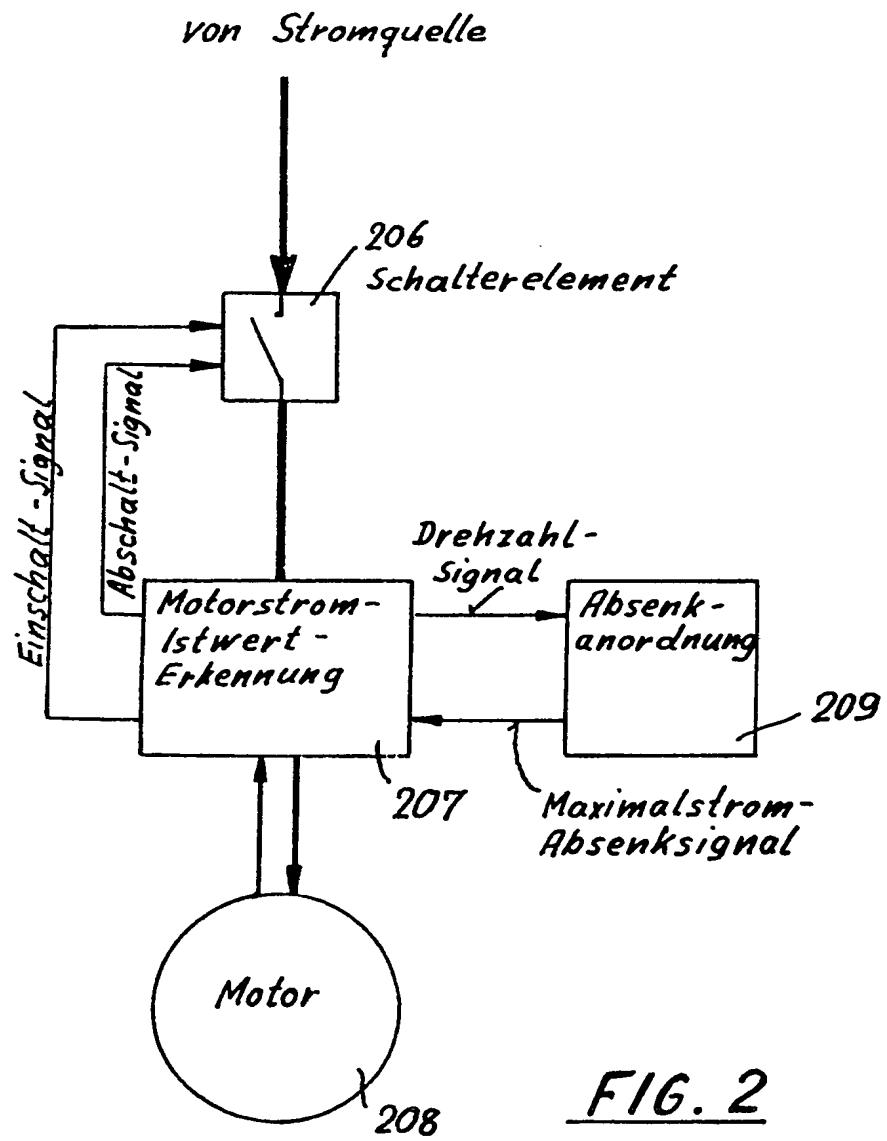


FIG. 1

FIG. 2

3607014

24

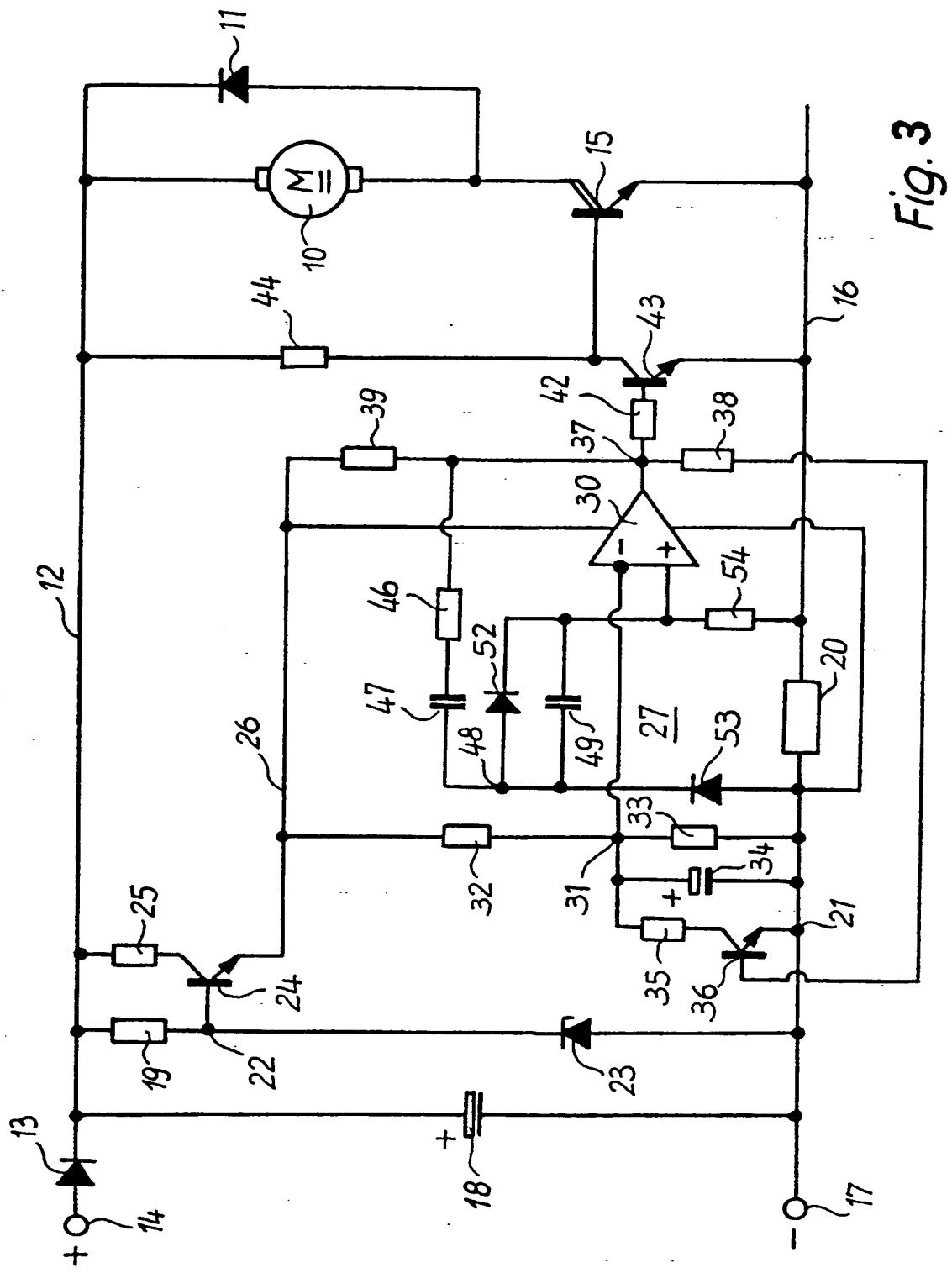


Fig. 3

25.

3607014

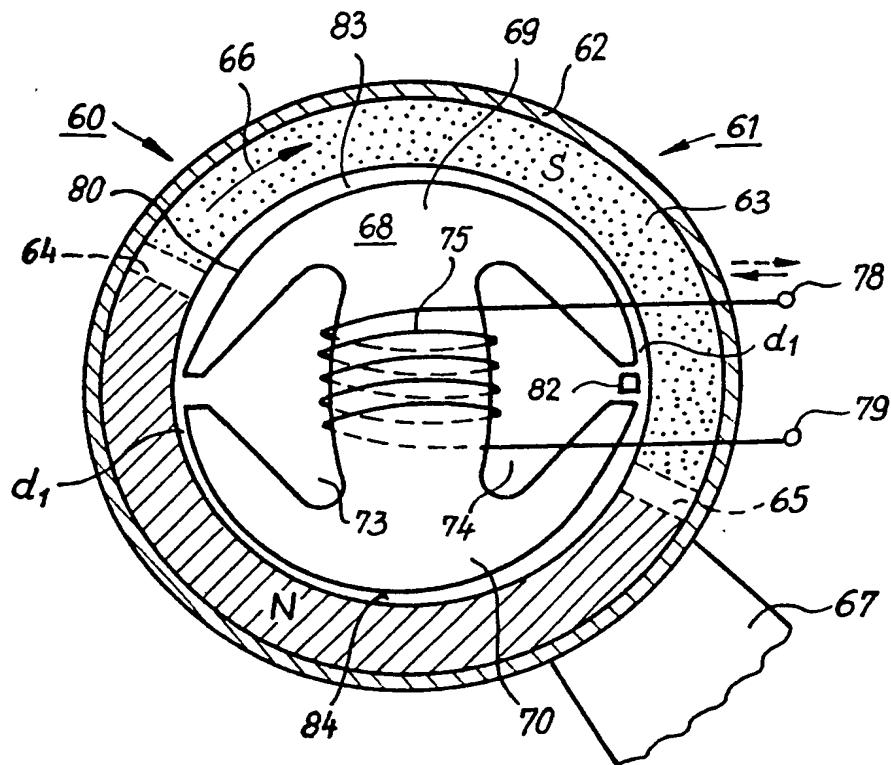


Fig. 4

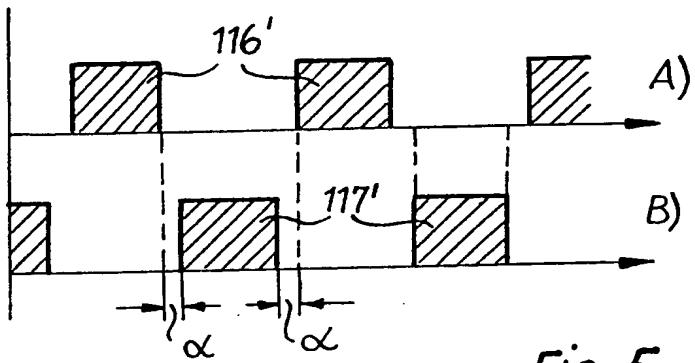


Fig. 5

3607014

26.

